©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker naturwiss. Mitt.	13	S. 267–284	10 Abb., 2 Tab.	Osnabrück, März 1987

Die sommerliche Wärmeinsel der Stadt Osnabrück

mit 10 Abbildungen und 2 Tabellen

Walter Lükenga*

Kurzfassung: Nach einem allgemeinen Überblick über Struktur, Genese und Bedeutung der städtischen Wärmeinsel wird die Untersuchungsmethode dargestellt, mit der die räumliche Temperaturverteilung in der Stadt Osnabrück bei strahlungsreichem Hochdruckwetter ermittelt wurde. Die zeitliche und räumliche Entwicklung des Temperaturfeldes wird an Hand von drei aufeinander folgenden Meßfahrten aufgezeigt und abschließend die mittlere Temperaturverteilung dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 267
2 Die allgemeine Struktur der Wärmeinsel 268
3 Ursachen der Wärmeinselbildung 269
4 Die Bedeutung der Wärmeinsel 270
5 Die Wärmeinsel der Stadt Osnabrück 272
5.1 Untersuchungsmethoden 272
5.2 Räumliche und zeitliche Entwicklung der Wärmeinsel 276
5.3 Mittlere Temperaturverteilung 280
6 Schluß 282
Schriftenverzeichnis 284

1 Einleitung

Temperaturmessungen werden in der Stadt Osnabrück schon seit 1871 durchgeführt, so daß auf Grund der mehr als hundertjährigen Meßreihen gesicherte Aussagen zu statistischen Größen wie Monatsmittel, mittlere Maxima/Minima oder mittlere Absolutwerte möglich sind (NIEMANN & SCHMIDT 1986). Die Meßorte beschränken sich allerdings auf wenige Punkte im Stadtgebiet (Düstrup, Haste, Gertrudenberg, Ziegenbrink) und erlauben keine Angaben über die flächenhafte Temperaturverteilung in der Stadt. Diese Kenntnis ist aber nicht nur von allgemeinem Interesse, sondern dient vor allem als Grundlage für Planungsentscheidungen zur Verbesserung des städtischen Klimas. Die folgenden Ausführungen stellen deshalb an einigen Beispielen das horizontale Temperaturfeld zu verschiedenen Tageszeiten für windschwache, strahlungsreiche Hochdruckwetterlagen vor. Da das Phänomen der städtischen Wärmeinsel erst in

* Dr. Walter Lükenga, Universität Osnabrück Postfach 4469, 4500 Osnabrück

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

den letzten zehn Jahren detailliert untersucht und beschrieben worden ist und deshalb außerhalb der engeren Fachwissenschaft noch wenig bekannt sein dürfte, werden der Darstellung der speziellen Osnabrücker Verhältnisse zum besseren Verständnis einige allgemeine Bemerkungen zur Wärmeinsel vorangestellt.

2 Die allgemeine Struktur der Wärmeinsel

Vergleicht man die Lufttemperaturwerte von Stationen innerhalb des Stadtgebietes mit denen des Umlandes, so liegen die Jahresmittelwerte in der Stadt um 0,5° bis 1,5° C höher. „Diese Zahlen scheinen an sich gering, doch gewinnen sie an Bedeutung, wenn man ihnen gegenüberhält, daß alle Stationen Deutschlands (ausgenommen nur die besonderen Höhenlagen) nur zwischen 7° und 10° C mittlerer Jahrestemperatur, also um 3° C schwanken" (KRATZER 1956: 53). So unterscheidet sich der Jahresmittelwert beispielsweise von Bremen (8,9°) nur um 1,3° C von der großklimatisch sehr unterschiedlichen Lage von Freiburg (10,2° C). Da auch alle anderen Klimagrößen in der Stadt einer Abwandlung im Vergleich zum Freiland unterliegen, bedeutet dies, daß das Ausmaß der klimatischen Veränderungen durch die Stadt nahezu einer Verpflanzung der jeweiligen Lokalität in eine andere Klimazone gleichkommt. Dies zeigt sich u. a. dadurch, daß in der Stadt wärmeliebende Pflanzen südlicher Herkunft gedeihen.

Der ganzjährige meßbare Überwärmungsbetrag kann an windschwachen, wolkenlosen Tagen auf 2° bis 6° C steigen und in Extremfällen, auch in Osnabrück, bis zu 10° C betragen. Da die Städte sowohl im zeitlichen Mittel wie auch insbesondere bei speziellen Wetterlagen wie eine wärmere Insel im kühleren Umland liegen, hat sich für dieses Phänomen der Begriff „Wärmeinsel" eingebürgert.

Dieses Bild einer einkernigen Wärmeinsel, das sich in vielen älteren Darstellungen zum Stadtklima findet, kam dadurch zustande, daß die Temperaturen durch ein stationäres Meßnetz mit 5–10 Stationen oder durch mobile Messungen entlang von Profilschnitten oder sternförmig angeordneten Meßrouten ermittelt wurden. Daraus erwuchs die Vorstellung eines „Wärmedomes" über der Stadt (vgl. Abb. 1 a), der nicht mit der Dunsthaube oder Dunstglocke zu verwechseln ist.

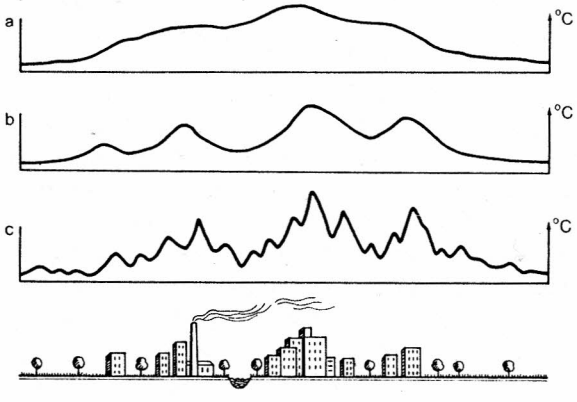


Abb. 1: Schematische Darstellung der fortschreitenden thermischen Differenzierung der städtischen Wärmeinsel (aus ERIKSEN 1976: 369)

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Als die älteren, relativ träge reagierenden Meßgeräte durch schnell anzeigende elektrische Meßfühler abgelöst wurden, mit denen in kurzer Zeit flächendeckende Temperaturaufnahmen durchgeführt werden konnten, zeigte sich, daß die städtische Wärmeinsel durchaus nicht so einheitlich strukturiert ist, wie es zunächst den Anschein hatte. Obwohl die Gesamtstadt deutlich wärmer ist, gibt es auch innerhalb des Stadtgebietes kühlere Bereiche, so daß das Modell der einkernigen Wärmeinsel jetzt abgelöst wurde durch die Vorstellung einer mehrkernigen Insel oder eines „Wärmearchipels" (vgl. Abb. 1b). Die einzelnen Kerne der Temperaturerhöhung sind an bestimmte Stadtstrukturen wie dichtbebaute, vegetationslose Innenstädte, Industriekomplexe oder auch größere Verkehrsanlagen gebunden, während die kühleren Bereiche mit ausgedehnten Grünanlagen oder lockerer Einzelhausbebauung zusammenfallen. Hier können in der kalten Jahreszeit schon Frostwerte auftreten (erkennbar z. B. am Rauhreif oder am Absterben der frostempfindlichen Dahlien), während in der Umgebung die Temperaturen noch deutlich über dem Gefrierpunkt liegen.
Inzwischen ist durch verfeinerte Meßmethoden eindeutig nachgewiesen worden, daß nicht nur bestimmte Stadtviertel, sondern sogar schon einzelne geschlossene Baukomplexe eine Temperaturerhöhung bewirken, so daß auf 200 bis 300 m Horizontalentfernung Temperaturdifferenzen von 3°–5° C auftreten können. Damit löst sich die primäre Wärmeinsel in ein äußerst differenziertes Temperaturfeld mit vielen kleinen, relativ scharf begrenzten Inseln unterschiedlicher Temperatur auf, deren Mehrzahl eine positive Abweichung vom großräumigen Mittelwert aufweist (vgl. Abb. 1c).

3 Ursachen der Wärmeinsel-Bildung

Ausgehend von Abb. 1a liegt es nahe, als eine Erklärungsursache für die Wärmeinsel an die Dunsthaube über der Stadt zu denken. Durch die verstärkte Konzentration von festen und gasförmigen Luftbeimengungen wird die vom Erdboden ausgehende langwellige Wärmestrahlung absorbiert und zur Erde zurückgestrahlt (Glashauseffekt). Diese atmosphärische Gegenstrahlung trägt tatsächlich besonders nachts, wenn nur Ausstrahlungsverhältnisse vorherrschen, zu einer Temperaturerhöhung bei. Am Tage allerdings wird die von der Sonne ausgehende kurzwellige Einstrahlung durch die Dunsthaube erheblich (im Durchschnitt um 15–20 %, im UV-Bereich bis zu 90 %) abgeschwächt, so daß eher Energie verlorengeht. Das Auftreten einer stadttypischen Dunstglocke kann also allenfalls als zusätzliche Begründung der Erwärmung hinzugezogen werden, zumal mit ihr das stark differenzierte Temperaturfeld nicht erklärt werden kann.
Ähnliches gilt für die Wirksamkeit der anthropogenen Wärmeerzeugung. Wenn auch die in der Stadt durch Raumheizung, industrielle Produktion, Elektrizitätserzeugung und Kraftfahrzeugverkehr freigesetzten Energiemengen an die Größenordnung der natürlichen Energiezufuhr heranreichen oder sie in dichtbesiedelten und hochindustrialisierten Regionen zeitweise sogar übertrifft (vgl. Tab. 1), so ist doch immer zu berücksichtigen, daß diese Wärmequellen nur lokal auftreten und damit nur einzelne Wärmeinseln, nicht aber das gesamte Wärmefeld erklären können.
Nach dem derzeitigen Stand der Forschung wird die Wirkung der Energieumwandlung im städtischen Baukörper als die entscheidende Ursache der Temperaturerhöhung angesehen. Modellrechnungen (Terjung & Louie 1973) haben ergeben, daß allein

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Stadt	A (W · m^{-2})	$\bar{Q}$ (W · m^{-2})
Berlin (W)	21	57
Fairbanks	19	18
Hamburg	13	55
Los Angeles	21	108
Moskau	127	42
New York (Sommer)	40	93
(Winter)	198	
Sheffield	19	56

Tab. 1: Anthropogene Wärmeproduktion A und mittlere Strahlungsbilanz $\bar{Q}$ in ausgewählten Städten (in Watt pro m^2) (aus ERIKSEN 1985: 6)

schon die bloße Existenz der dreidimensional gestalteten Stadt ausreicht, um einen Wärmearchipel zu erzeugen. So können Hochhausbauten auf Grund der unterschiedlichen Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und der Exposition im Vergleich zu einer nicht bebauten Ebene mehr als das sechsfache an Einstrahlung absorbieren, so daß ein entsprechender Überschuß zur Erwärmung der Stadtluft zur Verfügung steht.
Neben der vertikalen Struktur, die durch Mehrfachreflexion zwischen den Häuserwänden zu einem Energiegewinn führt, sind es vor allem die Materialkonstanten der künstlichen Baustoffe, die den Strahlungs- und Wärmehaushalt der Stadt bestimmen. Das Reflexionsvermögen der städtischen Bauten ist insgesamt um 10 % geringer als das natürlicher Oberflächen im Freiland, so daß 10 % mehr an Sonnenenergie von den Baumassen absorbiert werden.
Eine weitere Materialkonstante städtischer Baukörper sind Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit, deren Werte im Vergleich zu natürlichen Oberflächen viel höher liegen. Die in der Stadt vornehmlich vorkommenden Materialien Beton, Backstein und Asphalt nehmen tagsüber die eingestrahlte Energie auf, leiten sie ins Innere und geben sie bis in die späten Nachtstunden hinein wieder ab. Diese thermische Eigenschaft städtischer Baukörper ist mit der Bezeichnung „Wärmespeicherofen" (NÜBLER 1979) treffend charakterisiert worden. Sie ist die entscheidende Größe für die Ausbildung der städtischen Wärmeinsel. Verstärkt wird dieser Effekt noch durch das Fehlen von temperatursenkenden Verdunstungsmöglichkeiten in der Stadt. Vegetations- und Wasseroberflächen „verbrauchen" für die Verdunstung große Mengen an Energie, die als latente (= nicht fühlbare) Wärme in Form von Wasserdampf an die Atmosphäre abgegeben wird. Infolgedessen erwärmen sie sich nicht so stark wie beispielsweise Asphalt und Beton, die bei sommerlicher Einstrahlung Oberflächentemperaturen zwischen 38° und 48° erreichen können (vgl. Abb. 2). Da eine als Kühlfläche wirkende Vegetations- oder Wasseroberfläche in dichtbebauten Stadtquartieren fehlt und auch das Niederschlagswasser von der versiegelten Oberfläche sofort in die Kanalisation abgeführt wird, entfällt hier diese Abkühlungswirkung, so daß fast alle Energie in fühlbare Wärme umgesetzt wird.

4 Die Bedeutung der Wärmeinsel

Die klimatischen, bioklimatischen und ökologischen Folgewirkungen des erhöhten Temperaturniveaus in der Stadt sind vielfältiger Art. Die geringere Frosthäufigkeit und -intensität, die Verkürzung der Schneefallhäufigkeit und Schneedeckendauer sowie

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

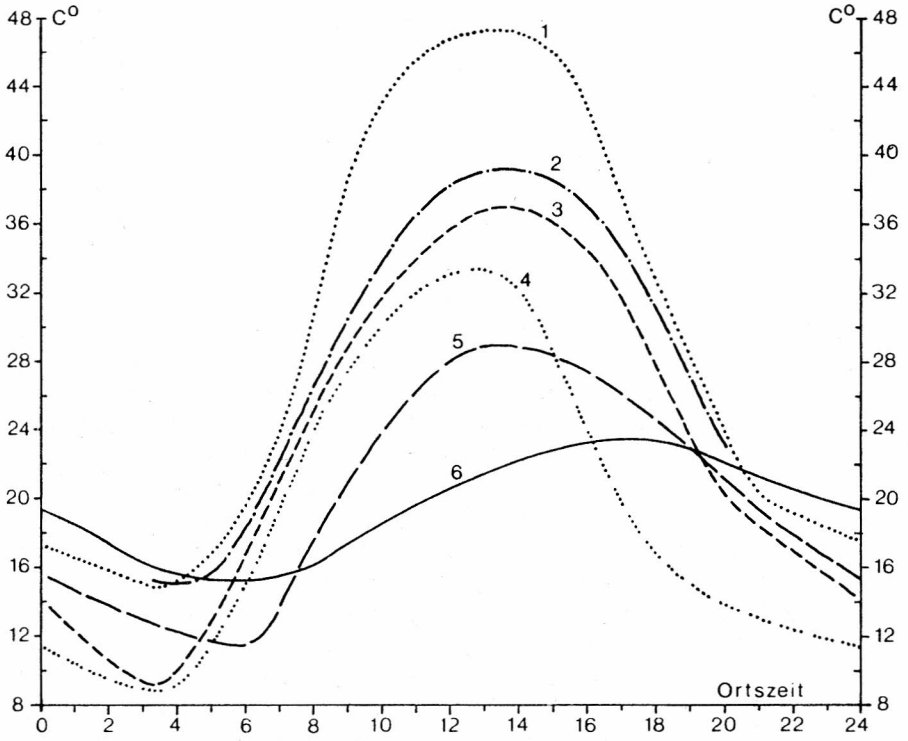


Abb. 2: Oberflächentemperaturen verschiedener Unterlagen an einem Hochsommer-Strahlungstag (aus ERIKSEN 1976: 372)
(1 Asphalt 2 Beton 3 Nackter Boden 4 Gras 5 Wald 6 See)

die Verlängerung der Vegetationsperiode wirken sich in positiver Weise auf die Wachstumsbedingungen der innerstädtischen Vegetation aus. Dies kommt durch die Existenz zahlreicher wärmeliebender, meist aus südlichen Breiten eingeschleppter Arten sowie durch einen allgemein verfrühten Blühbeginn im urbanen Bereich klar zum Ausdruck. Auch der Prozeß der Verstädterung der Tierwelt wird außer durch das relativ reiche Nahrungsangebot ebenfalls durch den Wärmeinseleffekt (mildere Wintertemperaturen) begünstigt.

Auch der Mensch profitiert zweifellos von einzelnen Erscheinungen des städtischen Sonderklimas. Das mildere Winterwetter führt zu Einsparungen im Energiebereich, und durch die verringerte Frost- und Schneefallhäufigkeit fallen weniger Streu- und Räumkosten an. Andererseits kann die besonders im Sommer in den Abend- und Nachtstunden temporär auftretende Überwärmung zu einer bioklimatischen Belastungssituation führen, unter der besonders Stadtbewohner mit Krankheitsbildern wie Herz- und Kreislaufschwäche, Atmungs- und Schlafstörungen infolge des Wärmestaus leiden. „Meldungen über Zusammenbrüche an heißen Tagen mit hohen Strahlungs- und Dampfdruckwerten sind ein alarmierender Hinweis auf die gefährlichen bioklimatischen Konsequenzen von Extremsituationen im thermischen Milieu der Städte" (ERIKSEN 1983: 12). Tab. 2 zeigt die temperaturabhängigen Behaglichkeitsin-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 2: Thermische Behaglichkeitsindices für verschiedene Elemente der Stadtlandschaft (aus ERIKSEN 1983: 13)

Stadtgebiet	morgens	mittags	nachts
lockere Wohnbebauung	4,8	8,0	0,6
dichte Wohnbebauung	1,8	4,8	1,3
Bankenviertel	3,6	6,8	— 4,6
zentrales Geschäftsviertel	2,5	7,1	— 4,7
Verwaltungsviertel	1,0	3,4	0,8
Schwerindustrie	3,6	6,6	— 1,1
Park	1,0	3,4	0,8
Rasenfläche	5,8	6,3	— 5,7
Asphaltfläche	5,8	11,7	— 5,7

Skala:
10 = unangenehm heiß
5 = angenehm warm
0 = neutral
— 5 = angenehm kühl
— 10 = unangenehm kalt

dices für verschiedene Teilräume der Stadtlandschaft zu verschiedenen Tageszeiten bei sommerlichem Strahlungswetter. Sie läßt klar die Belastungsgefahr um die Mittagszeit in verschiedenen bebauten Gebieten der Innenstadt (besonders bei Asphaltbedeckung) erkennen und verdeutlicht zugleich die relative bioklimatische Gunst von Grünanlagen, insbesondere von Parks.

Eine der Zielsetzungen zur Verbesserung der klimatischen Verhältnisse in der Stadt besteht deshalb darin, die temporäre Aufheizung der Stadt zu vermindern und den Wärmeinseleffekt einzuschränken, denn dieser ist nicht eine Folge der vom Menschen veränderten Umweltbedingungen, sondern zugleich auch Ursache weiterer stadttypischer Klimaphänomene (vgl. Abb. 3).

So kann durch den thermisch bedingten Aufstieg von Luftmassen über der erwärmten Stadt eine lokale bodennahe Ausgleichsströmung (Flurwind) induziert und durch die Konvektion im Zusammenwirken mit der über der Stadt erhöhten Zahl von Kondensationskernen eine gesteigerte Schauertätigkeit ausgelöst werden. Über diese Folgeerscheinungen wirkt die Wärmeinsel letztlich steuernd auf Immissionsverteilung und -konzentration ein. Grundlage jeder Planungsmaßnahme, die eine Verbesserung des gesamten Stadtklimas zum Ziel hat, ist deshalb die Kenntnis der Struktur und der Intensität der städtischen Wärmeinsel.

5 Die Wärmeinsel der Stadt Osnabrück

5.1 Untersuchungsmethoden

Da die städtische Überwärmung die Wachstumsbedingungen der innerstädtischen Pflanzen begünstigt, können diese als Indikator für die Temperaturverhältnisse herangezogen werden. Je wärmer es im Durchschnitt in der Umgebung einer Pflanze ist, um so eher setzt z. B. im Frühjahr die Blattentfaltung oder die Blüte ein. Durch eine genaue Registrierung der Abweichungen von Pflanze zu Pflanze lassen sich Gebiete höherer oder geringerer mittlerer Temperatur ausgrenzen. ERIKSEN (1966) konnte so an Hand von Roßkastanien, bei denen wegen der großen Blätter und Blüten die Unterschiede besonders markant hervortreten, eine thermische Gliederung der Stadt Kiel durchführen. FRANKEN (1955) ließ die Leser einer Hamburger Lokalzeitung den Blühbeginn

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

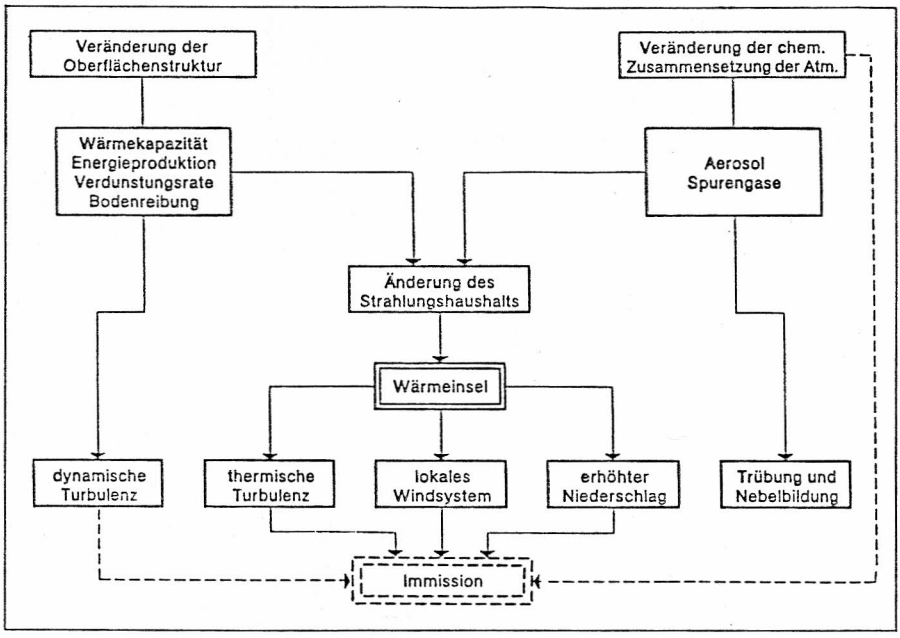


Abb. 3: Bestimmungsgrößen des Stadtklimas (aus FINKE 1986: 11)

ihrer Forsythiensträucher im Garten melden und konnte auf Grund der 490 eingegangenen Daten die Wärmeinsel der Stadt Hamburg in vier thermisch unterschiedlich wirksamwerdende Gebiete untergliedern.

Eine im Frühjahr 1982 ähnlich angelegte Untersuchung für die Stadt Osnabrück führte leider nicht zum Ziel, da auf den Aufruf (vgl. Abb. 4) nur 75 Rückmeldungen erfolgten, die zudem noch stark räumlich und zeitlich streuten, so daß die Erstellung einer Karte nicht möglich war. Erste Anhaltspunkte über die flächenhafte Temperaturverteilung ergaben dagegen phänologische Untersuchungen im Herbst 1981, die im Rahmen eines Klimaseminars mit Studenten durchgeführt wurden. Wir näherten uns dem Problem von der „Kälte"-Seite her und benutzten als Indikatorpflanze die Dahlie, die den ersten Frost unverzüglich durch das Verschrumpeln der Blüten und durch die Schwarzfärbung der Blätter anzeigt. Nach der ersten Frostnacht am 24. Oktober 1981, in der an der freistehenden und höhergelegenen Wetterwarte die Temperatur am Boden auf −3,6° C absank, wurden die noch intakten Dahlienstandorte kartiert (vgl. Abb. 5). Wie aus der Karte zu erkennen ist, wurde dieser leichte Frost durch die städtische Wärmeinsel überkompensiert, denn in den zentralen Teilen der Stadt traten keine Schäden an Dahlien auf, während in den Randbereichen fast alle Dahlien erfroren. Erst nach dem 7. November, als ein ungewöhnlich starker Bodenfrost auftrat, konnte der Temperaturrückgang auf −6,5° C nicht mehr kompensiert werden, so daß auch im innerstädtischen Bereich alle Dahlien abstarben.

Phänologische Untersuchungen, die auf dem Erscheinen unterschiedlicher Wachstumsphasen der Pflanzen beruhen, können naturgemäß nur qualitative Aussagen zur Struktur der Wärmeinsel liefern. Für eine quantitative Erfassung der Temperaturver-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Die Uni fragt: Wo blühen Forsythien?

Karte über Frühlingseinzug geplant

Dem Frühling an die Fersen geheftet haben sich Studenten der Universität, die herausfinden möchten, um wieviele Tage sein Einzug in der Stadt früher liegt als im Umland. Mittel zum Zweck ist dabei die Forsythie, einer der ersten Sträucher, der mit seinen gelben Blüten den Lenz ankündigt. Und die Osnabrücker können mithelfen, indem sie ein Auge auf Forsythiensträucher in ihrem Garten, beim Bummel durch einen Park oder am Weg zum Arbeitsplatz werfen.

Während die Reise des Frühlings nach Norden je nach Witterung in Etappen vor sich geht, sind seine Zugstraßen sehr beständig. Vom Oberrheintal mit der Bergstraße folgt der Blütenfrühling dem weichenden Winter rheinabwärts bis zur Kölner Bucht und verzweigt sich dann nördlich des Teutoburger Waldes fächerartig ins norddeutsche Tiefland.

Nach langjährigen Beobachtungen der Wetterwarte an der Bomblatstraße tritt die Blühphase der Forsythie in der Stadt Osnabrück um den 31. März herum ein. Dieses Datum stellt aber nur einen rechnerischen Mittelwert dar. Nach dem milden Winter 1975 blühten in der Hasestadt die Forsythien schon am 31. Januar, während sie nach dem außergewöhnlich strengen Winter 1979 erst am 15. April ihre Blüten öffneten.

Zu welchem Zeitpunkt der Frühling jedes Jahr seinen Einzug hält, können die Meteorologen nicht vorhersagen. Gewiß ist nur, daß er nicht gleichzeitig im gesamten Osnabrücker Raum einsetzt, sondern daß dieser Zierstrauch aus Ostasien in der verhältnismäßig warmen Stadt eher blüht als auf den rauhen Höhen des umliegenden Berglandes.

Wo und wann die blüte der Forsythien in diesem Jahr begonnen hat, sollte auf einer Postkarte an die Adresse „Universität, FB 2, Dr. Lükenga, Postfach 4469, 4500 Osnabrück" mitgeteilt werden. Blühbeginn ist der Tag, an dem am gleichen Strauch zehn oder mehr Blüten ausgebrochen sind. Standorte unmittelbar an einer Hauswand scheiden aus, denn besonders eine Südwand lockt vorzeitig Blüten hervor. Bitte auf der Karte auch den genauen Standort (Straße, Hausnummer) vermerken. Falls genügend Meldungen eingehen, wird die Universität später eine Karte des Frühlingseinzugs im Osnabrücker Raum vorstellen.



IN DER VASE sind Forsythienzweige längsts aufgeblüht, doch die Universität möchte von den Osnabrückern wissen, wann die Büsche im Freien zehn oder mehr Blüten zeigen. Falls genügend Meldungen eingehen, wird eine Karte des Frühlingseinzugs im Osnabrücker Raum erstellt.
Aufnahme: Westdörp

Abb. 4: Zeitungsartikel zur Forsythienuntersuchung in der Neuen Osnabrücker Zeitung vom 17. 3. 1982

teilung ist dagegen eine Aufnahme mittels exakt anzeigender Thermometer erforderlich, deren Meßstandorte möglichst flächendeckend über das ganze Stadtgebiet verteilt sind. Die Durchführung eines solchen arbeits- und kostenintensiven Verfahrens konnte in den Jahren 1984–86 in Angriff genommen werden, als die Stadt Osnabrück eine Untersuchung zum Klima dieser Stadt in Auftrag gab.

Innerhalb des Stadtgebietes wurden auf einer Meßroute von ca. 110 km etwa 170 Meßpunkte festgelegt, die innerhalb von 2 Stunden angefahren werden konnten. An jedem Meßpunkt wurde die Lufttemperatur in 1,70 m Höhe durch ein elektrisches Widerstandsthermometer ermittelt und durch einen automatischen Diagrammschreiber aufgezeichnet. Da die Werte nicht synchron aufgenommen werden konnten, mußte in der Auswertung eine Zeitkorrektur durchgeführt werden, um die Temperaturverteilung für einen bestimmten Zeitpunkt kartographisch darstellen zu können. Bei sommerlichen windschwachen Strahlungswetterlagen, an denen sich die Wärmeinsel besonders markant ausbildet, wurden insgesamt 11 Meßfahrten durchgeführt. Hin-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

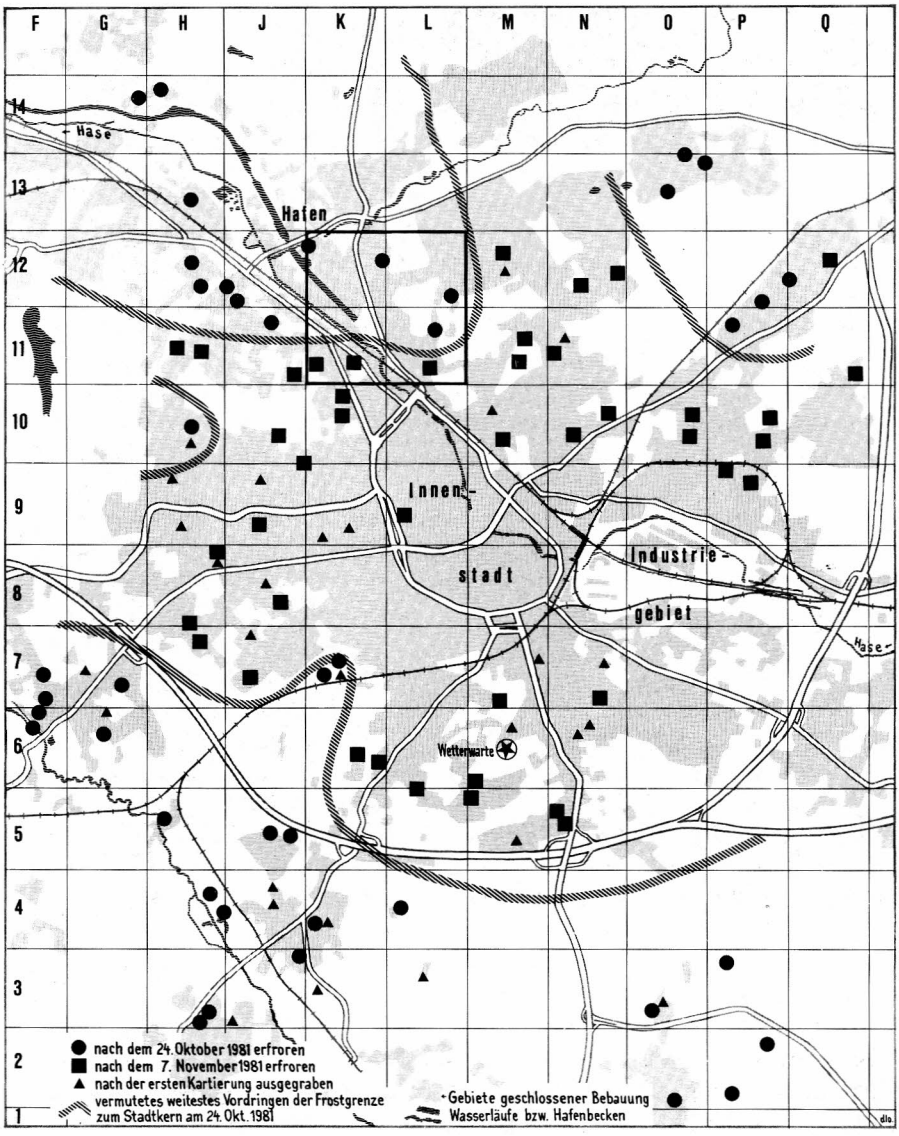


Abb. 5: Dahlienstandorte und vermuteter Verlauf der Frostgrenze in Osnabrück im Herbst 1981 (aus LÜKENGA 1983:316)

sichtlich der Tageszeit wurde mittags (13–15 Uhr), nachmittags (16–18 Uhr), abends (eine Stunde nach Sonnenuntergang), gegen Mitternacht und zwei Stunden vor Sonnenaufgang gemessen, so daß neben der räumlichen Struktur auch die zeitlichen Intensitätsänderungen erfaßt wurden.

Die nachfolgenden Abbildungen geben aus format- und phototechnischen Gründen nur Ausschnitte der Originalkarten wieder. Für Detailfragen sind die Karten im DIN A 3-Format bei Lükenga (1986) zu finden.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

5.2 Räumliche und zeitliche Entwicklung der Wärmeinsel

Um die Struktur- und Intensitätsänderungen der Osnabrücker Wärmeinsel an einem Beispiel zu veranschaulichen, werden die Ergebnisse dreier Meßfahrten dargestellt, die am 23./24. August 1984 innerhalb von 8 Stunden nacheinander durchgeführt wurden. In diesem Zeitraum war es besonders warm, denn schon seit dem 20. 8. waren bei schwachen Winden sehr warme Luftmassen zuerst aus östlichen, später aus südlichen Richtungen nach Nordwestdeutschland verfrachtet worden. Die Sonnenscheindauer nahm bis auf über 11 Stunden täglich zu, so daß auf Grund der ungehinderten Einstrahlung in Kombination mit der Warmluft die Mittagstemperaturen am 23. 8. bis auf 30° C anstiegen. Solche Extremsituationen, bei denen das Temperaturmaximum den Schwellenwert von +25° C erreicht oder überschreitet (= Sommertage), sind in Osnabrück gar nicht so selten. In kühlen Sommern können zwar nur 5–6 solcher Tage auftreten, aber im langjährigen Mittel liegt die Zahl dieser Tage bei 22 und in heißen Sommern wurden sogar bis zu 60 Sommertage (1947) registriert (RÖTSCHKE 1970: 258).

Die Ergebnisse der ersten Meßfahrt geben die Situation am Nachmittag des 23. 8. wieder (vgl. Abb. 6). Die Temperaturverteilung dreieinhalb Stunden nach dem Sonnenhöchststand zeigt kein zentral-peripheres Gefälle, sondern ein Mosaik von einzelnen Wärmeinseln. Areale von 30° C Lufttemperatur finden sich nicht nur am Rande des Zentrums [Petersburger Wall (Pt. 86) oder Hansastraße (Pt. 79)], sondern auch in den Randbereichen wie am Hafen (Pt. 125), in Belm (Pt. 28) oder Nahne (Pt. 21/22). Die vegetationsbestandenen größeren Freiflächen, die nach Abb. 2 eigentlich als Kälteinseln hervortreten müßten, weisen während des Temperaturgipfels so gut wie keine negative Temperaturabweichung auf, denn im Zentrum der Gartlage (Pt. 66) oder am Schinkeler Friedhof (Pt. 44) ist es mit 28,7° C genau so heiß wie in der Innenstadt (z. B. Pt. 115). Diese zunächst verblüffende Erscheinung, daß der Wärmekern nicht an seiner vermuteten Stelle im Bereich des dicht bebauten Zentrums auftritt, läßt sich nach WEISCHET (1980: 638) folgendermaßen erklären:

„Im Verlauf der Ein- und Ausstrahlungszeit (Tag–Nacht) wechselt die für die Temperaturentwicklung der Luft entscheidende Wärmeumsatzfläche zwischen dem Straßen- und Dachniveau (vgl. Abb. 7). In der Ausstrahlungszeit (nachts) finden sich die relativ warmen Oberflächen unmittelbar am Erdboden, während die Abkühlungsfläche im Dachniveau angeordnet ist. Zur Einstrahlungszeit (tags) kehrt sich die Lage um. Dann sind die Dachflächen die effektivste Heizfläche, während die bodennahe Luft von den Oberflächen der Straßen in den eng verbauten Stadtteilen nur eine geringe Erwärmung erfährt. Wenn unter der Einwirkung der Einstrahlung die Luft im Stadtinneren sich eigentlich erwärmen sollte, liegt die Heizfläche im Niveau der Dächer, so daß von dort aus die angewärmte Luft direkt hochsteigen kann und den nicht durch Strahlung erreichten tieferen Luftraum relativ kühl läßt. Im Gegensatz dazu liegt die Heizfläche im Freiland tagsüber unmittelbar an der Erdoberfläche und kann von dorther auch die untersten Meter der Luftschicht beeinflussen, die im Stadtinneren unterhalb der Heizfläche bleiben."

Während im Einstrahlungszeitraum wegen der unterschiedlichen Höhenlage der Energieumsatzflächen kaum ein Unterschied zwischen bebauten und vegetationsbestandenen Flächen in der Meßhöhe von 1,70 m über dem Erdboden auftritt, ändern sich die Verhältnisse grundlegend nach Sonnenuntergang. Jetzt herrscht nur noch

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



Abb. 6:

Temperaturverteilung am 23. 8. 1984 um 16.30 Uhr

(Ausschnitt)

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

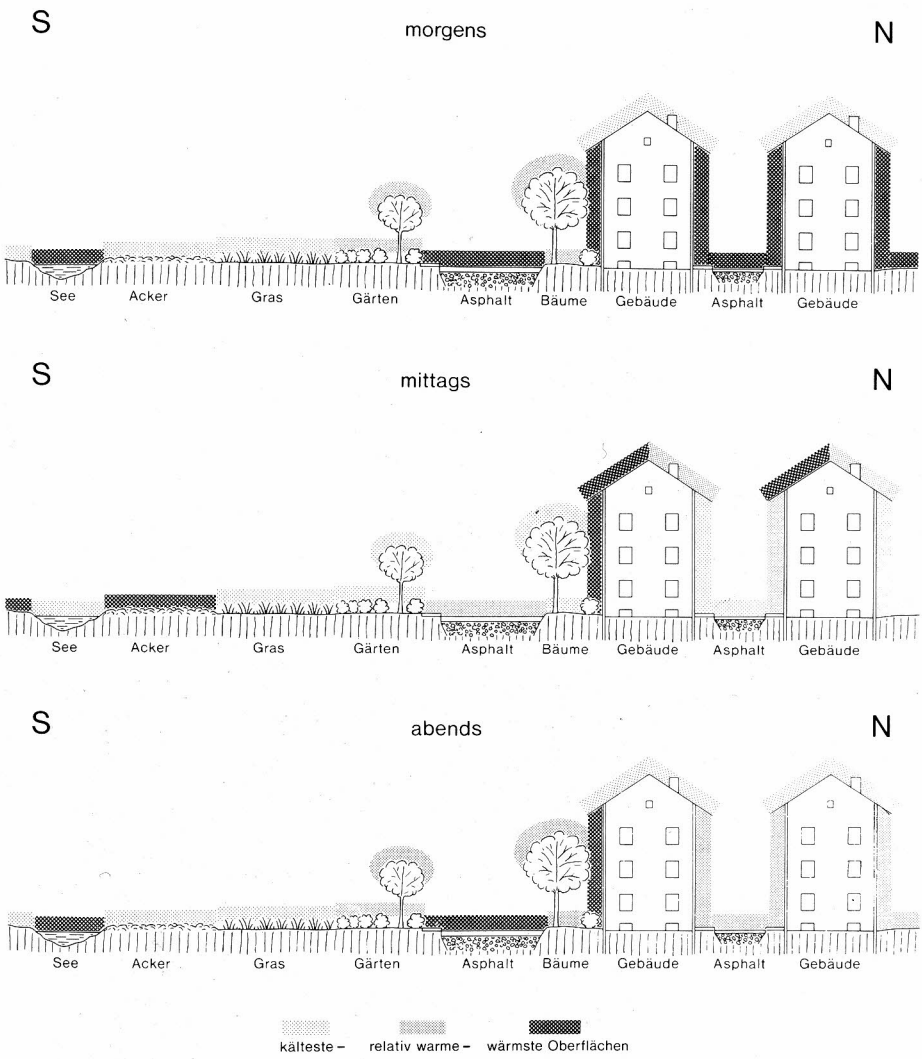


Abb. 7: Verlagerung der Wärmeabgabeflächen innerhalb und außerhalb der Stadt im Tagesgang (aus WEISCHET 1980: 639)

Ausstrahlung vor, und die Vegetationsflächen, die tagsüber die eingestrahlte Energie nicht gespeichert, sondern zur Verdunstung „verbraucht" haben, erhalten jetzt keinen Wärmenachschub aus dem Boden und kühlen deshalb schnell aus. Rund fünf Stunden nach dem Nachmittagstermin sind die Temperaturen gegen 21 Uhr in der Gartlage (Pt. 66) um 10° C, nordwestlich des Kalkhügels (Pt. 100) sogar um 12° C gefallen (Abb. 8). Die großen innerstädtischen Vegetationsflächen der Gartlage, des Kalkhügels, des Heger Holzes (und des Westerberges) stellen also während des Ausstrahlungszeitraumes bedeutende Abkühlungsflächen dar, auf denen Kaltluft produziert

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



Abb. 8 :

Temperaturverteilung am 23. 8. 1984 um 21.15 Uhr

(Ausschnitt)

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

wird. Im Gegensatz zur Tagsituation treten sie jetzt im Isothermenbild deutlich als Kälteinseln oder Kältezungen hervor.
Während die Temperaturen in den Grünflächen nach Sonnenuntergang rasch absinken, gehen sie im Stadtinneren nur langsam zurück, denn die Stein-, Beton- und Asphaltmassen, die tagsüber die eingestrahlte Energie aufgenommen und gespeichert haben, geben diese nun an die Umgebungsluft wieder ab. Infolge dieses Speicherofeneffektes herrschen selbst um 21 Uhr im Stadtkern noch Temperaturen zwischen 22° und 23° C vor. Für die Stadtbewohner, die tagsüber einem Hitzestreß ausgesetzt waren, bedeutet dies, daß die späten Abendstunden keine erquickende Kühle bringen, sondern daß die thermische Belastungssituation anhält. Die Intensität der städtischen Wärmeinsel, definiert als die Temperaturdifferenz zwischen dem kühlsten und dem wärmsten Punkt innerhalb des Stadtgebietes, erreicht in diesem Zeitraum mit 8° C ihren Maximalwert.
Nach weiteren fünf Stunden, in denen der Ausstrahlungsvorgang ungehindert andauert, geht die Temperaturdifferenz zwischen Stadtkern und Grünflächen dann wieder etwas zurück (Abb. 9). Das räumliche Muster mit den weit nach NW, NE, SE und W ausgreifenden Wärmezungen, die an die Areale dichter Bebauung gebunden sind, bleibt dabei aber erhalten. Während im Wärmekern noch Werte von über 16° C auftreten, sind die Temperaturen in einzelnen Vegetationsflächen auf unter 11° C abgesunken. Das kühlste Gebiet befindet sich jetzt im Bereich des Schinkeler Friedhofs (Pt. 44: 9,7° C).
Auffällig ist, daß sich während der Nachtstunden neben dem Wärmekern im Zentrum eine sekundäre Wärmeinsel im Stadtteil Dodesheide ausbildet. Wahrscheinlich bedingt durch die Wärmespeichereigenschaft der großen betonierten Flächen des Militärgeländes und der einstrahlungsbegünstigten Lage an einem Südhang liegen hier die Temperaturen nur 1°C bzw. 2° C niedriger als im Wärmezentrum.
Der Verlauf der Temperaturamplitude an spezifischen Standorten ist also bei sommerlichen Strahlungswetterlagen, wenn wegen einer fehlenden Wolkendecke nur Ein- und Ausstrahlung vorherrscht und keine Durchmischung der Luft durch Windbewegung erfolgt, von der Nutzungsstruktur der jeweiligen Fläche abhängig. Ausgehend von einem fast gleichen Niveau nach dem Sonnenhöchststand sinken die Temperaturen in den größeren Grünflächen rasch und stark ab, während auf der bebauten Stadtfläche die Luftmasse wegen der Speichereigenschaft der städtischen Baukörper nur sehr langsam auskühlt.

5.3 Mittlere Temperaturverteilung

Die vorangegangenen Abbildungen zeigten die raumzeitliche Entwicklung der städtischen Wärmeinsel für einen zusammenhängenden Zeitabschnitt. Aus ihnen wurde deutlich, daß sich das Wärmeinselphänomen bei Hochdruckwetterlagen besonders während der Nachtstunden ausprägt. Um die generelle Situation während dieses Ausstrahlungszeitraumes aufzuzeigen, wurden aus acht Nachtmeßfahrten, die im August 1984 durchgeführt worden sind, die Mittelwerte gebildet und in Abb. 10 dargestellt. Die Isolinien kennzeichnen in dieser Karte keine absoluten Temperaturen, sondern die mittlere Abweichung vom wärmsten Punkt 113 (vor dem Haarmannsbrunnen). Aus der Abbildung geht hervor, daß das durchschnittlich am stärksten über-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



Abb. 9:

Temperaturverteilung am 24. 8. 1984 um 3.55 Uhr

(Ausschnitt)

0 1 2 km

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

wärmte Gebiet die gesamte Altstadt und Teile der angrenzenden Weststadt umfaßt. Die Fläche, in der die Temperaturen nur um 2° C unter dem Höchstwert liegen, erstreckt sich in Form von Wärmezungen nach NW, NE, SE und WSW zwischen den kälteren Grünflächen weit nach außen. Eine ausgeprägte sekundäre Wärmeinsel gleicher Temperatur bildet sich im Mittel auch im Stadtteil Dodesheide im Norden aus. Die stadtnahen größeren Grünflächen der Gartlage, des Bereichs um den Schinkeler Friedhof, des Kalkhügels, des Westerberges und des Heger Holzes stellen dagegen während der Nachtstunden bedeutende Abkühlungsflächen dar. Die Abkühlungsintensität in ihnen ist geringer als im vorgestellten Einzelfall und beträgt im Mittel 5° C. Die mit dieser Größe gekennzeichnete Intensität der städtischen Wärmeinsel Osnabrücks entspricht in ihrem Wert denen anderer Städte vergleichbarer Größe und Einwohnerzahl.

6 Schluß

Die Anfänge stadtklimatologischer Beobachtung und Untersuchung reichen bereits in das vorige Jahrhundert zurück; aber erst im Rahmen der relativ jungen Umweltforschung wurde die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit verstärkt auf die zeitweise belastenden Besonderheiten des Stadtklimas gelenkt. Als ein zentrales Merkmal des Stadtklimas wurde dabei dem Phänomen der städtischen Wärmeinsel in der wissenschaftlichen Forschung während der letzten Jahre besondere Beobachtung zuteil, da es bei bestimmten Wetterlagen nicht nur selbst bioklimatisch belastend wirksam werden kann, sondern darüber hinaus auch steuernd auf Konzentration und Verteilung von stadttypischen Luftverunreinigungen einwirkt. Um die zeitweise auftretenden thermischen Belastungen zu dämpfen oder auszuschalten, sind in den vergangenen Jahren konkrete Vorschläge für städtebauliche Maßnahmen publiziert worden (z. B. FRANKE 1977, EICHLER 1977 oder ERIKSEN 1980), die für die jeweilige Stadt modifiziert werden müssen. Grundlage solcher Planungsentscheidungen mit klimaverbessernder Zielsetzung ist eine individuelle stadtklimatologische Bestandsaufnahme, wozu die vorangegangenen Ausführungen für die Stadt Osnabrück einen Teilbeitrag liefern.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



Abb. 10 : **Temperaturverteilung bei Nacht**

(Mittel aus 8 Nachtmeßfahrten)

Die Temperaturen wurden auf 16,9°C bei Punkt 113 normiert.

(Ausschnitt)

0 1 2 km

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Schriftenverzeichnis

EICHLER, H. (1977): Planungsfaktor Hitzestreß. – Heidelb. geogr. Arb., **47:** 182–216.

ERIKSEN, W. (1966): Pflanzen als Klimaanzeiger in einer Stadt. – Die Heimat, **73** (3): 67–70.

– (1976): Die städtische Wärmeinsel. Neue Erkenntnisse zur Gliederung, Genese und Bedeutung des innerstädtischen Temperaturfeldes. – Geographische Rundschau, Heft **9:** 368–373.

– (1980): Klimamodifikationen im Bereich von Städten. – Veröff. J. Jungius-Ges. Wiss., **44:** 161–175; Hamburg.

– (1983): Die Stadt als urbanes Ökosystem. – Paderborn.

– (1985): Grundlagen, bioklimatische und planungsrelevante Aspekte des Stadtklimas. – Geographie und Schule, Heft **8:** 1–9.

FINKE, L. (1976): Zuordnung und Mischung von bebauten und begrünten Flächen. – Schriftenreihe „Städtebauliche Forschung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr. 03.44, Bonn.

FRANKE, E. (Hrsg.) (1977): Stadtklima. Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung. – Stuttgart.

FRANKEN, E. (1955): Der Beginn der Forsythienblüte in Hamburg 1955. – Meteorologische Rundschau, Heft **7/8:** 113–114.

KRATZER, P. (1956): Das Stadtklima. – Braunschweig.

LÜKENGA, W. (1983): Stadtklimatologische Schüleruntersuchungen. Anregungen für Unterrichtsprojekte auf phänologischer Basis. – Geographie im Unterricht, Heft **8:** 311–317.

– (1985): Unterrichtsrelevante stadtklimatologische Methoden und Arbeitsweisen. – Geographie und Schule, Heft **8:** 9–16.

– (1986): Untersuchungen zum Stadtklima von Osnabrück. – Stadtplanung im Gespräch, Heft **48:** Osnabrück.

NIEMANN, J. & SCHMIDT, G. (1986): Meteorologische Untersuchungen in Osnabrück 1875–1983. – Osnabrücker naturwiss. Mittl., **12:** 195–204.

NÜBLER, W. (1979): Konfiguration und Genese der Wärmeinsel der Stadt Freiburg. – Freiburger Geogr. Hefte, **16.**

RÖTSCHKE, M. (1970): Klima und Wetter. Stadt und Kreis Osnabrück. – Veröff. naturwiss. Ver. Osnabrück, **33:** 226–315.

TERJUNG, W. & LOUIE, S. (1973): Solar radiation and urban heat islands. – Ann. of Ass. American Geographers, Heft **63:** 181–207.

WEISCHET, W. & BLÜTHGEN, J. (1980): Allgemeine Klimageographie. – Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. **2,** 3. Auflage.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Lükenga Walter

Artikel/Article: Die sommerliche Wärmeinsel der Stadt Osnabrück 267-284